

Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência

Automação de coleções biológicas e informações sobre a biodiversidade da Amazônia

CÉLIO MAGALHÃES
JOSÉ LAURINDO CAMPOS DOS SANTOS
JÚLIA IGNEZ SALEM

INTRODUÇÃO

Em 46 anos de existência, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA acumulou um volumoso e valioso acervo de dados e informações sobre a região Amazônica, área essa considerada como detentora da maior biodiversidade do planeta.

Um dos acervos mais ricos e importantes, embora relativamente pouco explorado, são as coleções científicas, que contêm amostras — assim como as informações a elas associadas — de representantes da biodiversidade amazônica. Parte significativa desse acervo está armazenada em treze coleções científicas, algumas existentes desde a criação do Instituto, outras formadas posteriormente ou recentemente. O herbário e a xiloteca constituem-se em referencial importante para quaisquer estudos botânicos e florestais sobre a região; o herbário tem acima de 207.000 exsicatas catalogadas, enquanto a xiloteca conta com mais de 10.000 amostras de madeiras, tanto de espécies nativas, quanto de espécies exóticas. As coleções zoológicas dividem-se conforme os grandes grupos: a coleção de invertebrados possui cerca de 300.000 insetos alfinetados e, estima-se, mais de cinco milhões de exemplares em álcool e em lâminas; a coleção de peixes soma 15.000 lotes com mais de 40.000 exemplares registrados e uma estimativa de 200.000 a registrar; a coleção de mamíferos ultrapassa os 3.000 exemplares, entre espécies terrestres e aquáticas; a de aves tem cerca de 410 lotes com mais de 500 exemplares; e a de répteis e anfíbios soma acima de 2.200 exemplares de répteis e 8.000 de anfíbios.

O INPA também mantém coleções baseadas em espécimes vivos, com ênfase nos organismos de interesse para os setores médico, madeireiro e agrônomo. Entre eles destacam-se as coleções de microrganismos de interesse médico como leishmânias, tripanossomos, micobactérias e fungos, importantes para pesquisas no controle de endemias, na tecnologia de alimentos, e na biotecnologia através da busca de princípi-

os bioativos oriundos desses microrganismos. De interesse madeireiro, têm-se as coleções de fungos degradadores de madeira. No setor agrônomo, destacam-se os bancos ativos de germoplasma, essenciais para a conservação e exploração de recursos genéticos de espécies nativas, como hortaliças e fruteiras, e a coleção de microrganismos de interesse agrônomo, como, por exemplo, a de rizóbios, importante para estudos de sustentabilidade de sistemas agrícolas em nitrogênio. Apesar das dimensões e importância desse patrimônio, foi somente no início da década de 90 que um programa institucional específico, denominado “Programa de Coleções e Acervos Científicos”, vinculado à Coordenação de Pesquisas, foi criado para integrar e coordenar as iniciativas e atividades de manutenção, gerenciamento, desenvolvimento e modernização dos acervos científicos do INPA. Entre os objetivos do Programa, além da manutenção básica das coleções, está o gerenciamento e a disseminação dos dados e informações associados aos espécimes.

Neste artigo, apresentamos a proposta de concepção de um sistema de informações para a automação dos dados sobre biodiversidade presentes em coleções biológicas, tomando como base as coleções científicas e as diversas coordenações de pesquisas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, e discutimos as potencialidades e os benefícios da utilização adequada das coleções biológicas visando o acesso às informações sobre biodiversidade na Amazônia.

DESAFIOS CIENTÍFICOS DAS COLEÇÕES BIOLÓGICAS NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Atualmente, está bem difundida a noção de que o desenvolvimento da Amazônia deve ser feito de forma sustentável, contemplando tanto os requerimentos de preservação ambiental, quanto as necessidades de utilização racional dos seus recursos. Entretanto, o estabelecimento de políticas adequadas para isso depende largamente de uma série de informações detalhadas e corretas sobre os componentes da biodiversidade, que somente poderão ser considerados recursos em potencial quanto maior for o somatório de conhecimento disponível sobre os mesmos.

Nesse contexto, surgem as coleções biológicas, por representarem uma das mais importantes fontes de informações básicas sobre as espécies e a região. Porém, em virtude da magnitude da diversidade e da extensão territorial da região amazônica, talvez o maior desafio científico das coleções biológicas ao desenvolvimento sustentado da Amazônia seja justamente o de obter uma representatividade tão completa quanto possível de sua biodiversidade. Isso implica em esforços significativos na realização de coletas e inventários, os quais são essenciais para dispormos de conhecimentos básicos com vistas à conservação, manejo e utilização da biodiversidade (Nelson, 1991; Overal & Mascarenhas, 1993; Stork *et al.*,

1995; Frondorf & Waggoner, 1996; Lamas, 1996; Garay & Dias, 2001). Inerente à construção dessa representatividade, são os estudos taxonômicos e sistemáticos. O inventariamento, aqui, não deve ser considerado apenas como uma listagem de espécies de uma determinada área geográfica, mas levar em consideração aspectos descritivos, classificatórios, filogenéticos e biogeográficos (Wheeler, 1995), bem como, eventualmente, a diversidade de interações de uma comunidade (Lewinsohn *et al.*, 2001). A tarefa de identificar, classificar, mapear e determinar relações filogenéticas representa um desafio científico formidável, considerando que somente para artrópodos tropicais, grupo que reúne, entre outros, os insetos e aracnídeos, há estimativas de até 30 milhões de espécies existentes (Erwin, 1982, 1988).

Entretanto, com os conhecimentos já existentes e adequadamente organizados, integrados e relacionados a informações de estudos aplicados, é possível oferecer subsídios valiosos ao planejamento, estabelecimento, acompanhamento e avaliação de políticas públicas, de programas e projetos desenvolvimentistas, de alterações ambientais, de políticas conservacionistas e de manejo de recursos naturais e, em especial, à identificação de componentes da diversidade biológica que levem à descoberta de novos recursos e possibilidades. Na Amazônia, os exercícios de previsão de possíveis cenários para o seu desenvolvimento devem levar em consideração, além dos aspectos sócio-econômicos, físicos, climáticos, demográficos e ecológicos, as variáveis relacionadas à composição, distribuição e preservação da biodiversidade. Nesse sentido, as informações sobre a fauna, flora e microbiota acumuladas nas coleções constituem-se em elementos essenciais do componente biodiversidade a serem incorporados ao desenvolvimento de modelos científicos sobre a ocupação e utilização dos recursos da região. Assim, mais do que centro de documentação e base de estudos científicos sobre a biodiversidade, as coleções biológicas representam um imenso potencial em termos econômicos, culturais e educacionais.

As possibilidades econômicas das coleções, talvez não tão aparentes quando vistas numa ótica puramente científica, estão no fato de que elas trazem um conjunto de informações que podem propiciar o início de um processo de produção de conhecimento que, por sua vez, poderá levar ao desenvolvimento de produtos com reais possibilidades de utilização prática. Essas possibilidades são mais facilmente evidentes nas coleções de microorganismos e de germoplasma, com uma ampla gama de utilização em termos medicinais e no desenvolvimento de produtos agrícolas. Todas, entretanto, podendo convergir, de alguma forma, para a bioindústria, catalisadas pelos avanços na biotecnologia.

Também relevantes são as potencialidades educacionais e culturais das coleções, conforme salientadas por Lane (1996). Com as possibilidades tecnológicas oferecidas pela Internet e planejamento adequado, o valor educacional das informações sobre história natural existentes nas cole-

ções é inestimável, oferecendo inúmeras alternativas de aprendizado, especialmente para os níveis primário e secundário, propiciando ainda noções de educação ambiental para o público em geral. Em termos culturais, não se deve desprezar as possibilidades que as coleções têm a oferecer, seja em entretenimento, seja em divulgação de valores culturais de uma região, relacionadas a elementos da fauna e flora. Em ambos os casos, pode-se considerar tanto as exposições físicas (e aqui pode-se inserir atividades como o ecoturismo), quanto as virtuais (páginas eletrônicas bem elaboradas, com informações e jogos visando divertir, educar e informar o visitante).

Entretanto, fazer compreender à sociedade que as sustenta do grande potencial de geração de conhecimento e riqueza existentes nas coleções não deixa de representar também um importante desafio à comunidade científica, às instituições e ao próprio Governo.

O ESTADO-DA-ARTE NA AUTOMAÇÃO DE COLEÇÕES BIOLÓGICAS

É crescente a demanda por informações visando a avaliação de impactos ambientais, definição de áreas de preservação ambiental, proteção de espécies ameaçadas, recuperação de áreas degradadas, bioprospecção, estabelecimento de políticas públicas, legislação ambiental, entre outras. Em algumas dessas necessidades a informação existe, porém, o acesso às mesmas encontra-se disperso e em diferentes fontes, algumas de fácil obtenção como periódicos e livros científicos, relatórios técnicos-científicos, dissertações e teses, e outras de difícil localização e acesso, como arquivos, pastas e cadernos de campo. Essas fontes tradicionais não atendem às necessidades atuais de forma urgente e abrangente.

É nesse contexto que as coleções biológicas podem exercer um importante papel no atendimento a essas demandas, pois acumulam investimentos de anos em exploração e pesquisa sobre a fauna, flora e microbiota. No entanto, tornar esse conhecimento acessível ao público de forma adequada e rápida, versátil e confiável, na melhor relação custo/benefício possível, depende cada vez mais do estabelecimento de sistemas automatizados de informação biológica, capazes de armazenar, gerenciar, analisar e disseminar dados e informações sobre biodiversidade (Olivieri *et al.*, 1995; Farr & Rossman, 1997; Umminger & Young, 1997; Campos dos Santos *et al.*, 2000; Canhos & Canhos, 2001). Um sistema de informação pode ser entendido como uma série de elementos ou componentes inter-relacionados que coletam (entrada), manipulam e armazenam (processo), disseminam (saída) os dados e informações e fornecem um mecanismo de retroalimentação.

Diversas iniciativas para o estabelecimento de sistemas de informação, ou mesmo redes de informação, sobre biodiversidade já vêm sendo tomadas em escala institucional, regional, nacional e internacional, seja

no âmbito de governos, organizações ou áreas temáticas. Algumas serão aqui destacadas, seja pela abrangência e objetivo, seja pelo desenvolvimento alcançado, dando-se ênfase àquelas nas quais o país está envolvido. Relação similar pode ser encontrada em Bisby (2000) e Edwards *et al.* (2000), que comentam várias dessas iniciativas e apresentam projetos e desenvolvimentos que vêm sendo feitos no campo da Bioinformática no sentido de se desenvolver sistemas globais que permitam interoperabilidade e sínteses de informação entre uma gama de sistemas locais, nacionais e internacionais de informações em biodiversidade.

Em escala internacional, o “The Biodiversity Information Network - BIN21” (<http://life.csu.edu.au/bin21>) é rede colaborativa internacional de agências envolvidas no gerenciamento e apresentação de informação sobre biodiversidade, constituída como uma rede distribuída de participantes, consideradas como “nós” do sistema. Canhos & Canhos (1997) apresentaram as propostas dessa iniciativa e relacionaram as ligações com uma série desses participantes em países ou em áreas temáticas. Outra iniciativa é o “Species 2000” (<http://www.species2000.org>), um sistema de informação que objetiva prover um índice uniforme e qualificado de nomes de todas as espécies conhecidas de plantas, animais, fungos e micróbios da Terra para formar um conjunto de dados básicos para ser usado como uma ferramenta prática em estudos da biodiversidade global. A “Association for Biodiversity Information - ABI” (<http://www.abi.org>) é uma organização dedicada a prover informação confiável sobre espécies e ecossistemas para utilização e conservação e planejamento do uso da terra, visando a proteção da diversidade da vida na Terra. Com base numa iniciativa intergovernamental, tomada na Cúpula das Américas em Desenvolvimento Sustentável (Santa Cruz, Bolívia, 1996), os governos dos países norte, centro e sul-americanos propuseram a criação da “The Inter-American Biodiversity Information Network - IABIN” (<http://www.iabin.org>), uma rede de informações para promover meios compatíveis de coleta, comunicação e troca de informação relevante para tomada de decisão e educação em conservação da biodiversidade. Quanto a áreas temáticas, cita-se três bons exemplos de integração internacional. O “The Inter-Institutional Database of Fish Biodiversity in the Neotropics - NEODAT”, que consiste num esforço internacional cooperativo para tornar disponível dados sistemáticos e geográficos sobre espécimes de peixes dulcícolas neotropicais depositados em coleções de história natural do Novo Mundo e da Europa. O “The International Plant Genetic Resources Institute - IPGRI”, um instituto internacional dedicado a promover o uso de recursos genéticos vegetais que mantém um sistema de informação destinado a prover dados relevantes sobre essa área em cada país que mantenha programas de recursos genéticos de plantas. E o World Data Centre for Microorganisms - WDCM” (<http://wdcm.nig.ac.jp>), vinculada à Federação Mundial de Coleções de Culturas, que fornece um diretório abrangente de coleções de cultura e bancos de dados sobre microorganismos e linhagens celulares.

Há inúmeras iniciativas em escala nacional, amplamente divulgadas na Internet. Vale salientar duas experiências bem sucedidas na América Latina, como são os casos do México, que, sob a coordenação da “Comisión Nacional de Biodiversidad – CONABIO” (<http://www.conabio.gob.mx>), estruturou uma extensa rede de informações sobre a biodiversidade mexicana, e da Costa Rica, cujo “Instituto Nacional de Biodiversidad – INBio” (<http://www.inbio.ac.cr>) mantém um eficiente processo de armazenamento, organização e divulgação de informação sobre a biodiversidade daquele país. Nos Estados Unidos, o “The National Biological Information Infrastructure – NBII” (<http://www.nbio.gov>) é um amplo programa colaborativo para dar acesso a dados e informações sobre os recursos biológicos da nação por meio da interligação de bancos de dados, produtos de informação e ferramentas analíticas, mantidos pelos seus diversos parceiros em organizações governamentais e não-governamentais, instituições acadêmicas e iniciativa privada.

No Brasil há importantes projetos nesse campo, entre as quais destacamos: a “Base de Dados Tropicais – BDT” (<http://www.bdt.org.br>), que atua especificamente na área de informação biológica, de interesse industrial e ambiental, e reúne diversos bancos de dados de informação eletrônica, visando contribuir diretamente para a conservação e utilização racional da biodiversidade no Brasil. O projeto da “Rede de Informação em Biodiversidade - Brasil – BINbr” (<http://www.binbr.org.br>), pertencente ao programa PROBIO do Ministério do Meio Ambiente, pretende contribuir para o estabelecimento de uma rede eletrônica que reúna informações sobre a diversidade biológica dispersa por grande número de instituições e pessoas, tornando-as disponíveis para estudos científicos, para a tomada de decisões políticas e administrativas e para programas de educação. O “Programa de Pesquisas em Conservação Sustentável da Biodiversidade do Estado de São Paulo – BIOTA-FAPESP” (<http://www.biotasp.org.br>) inclui, entre suas várias metas, a computadorização de todas as coleções daquele Estado e o estabelecimento de uma rede de informação em biodiversidade. Outras iniciativas governamentais em andamento são o “Sistema de Bases Compartilhadas de Dados sobre a Amazônia – BCDAM” (<http://www.bcdam.gov.br>), que é um sistema cooperativo interinstitucional das instituições que coletam dados e informações sobre a Amazônia Legal, e o Sistema de Vigilância da Amazônia – SIVAM (<http://www.sivam.gov.br>), que prevê a formação de uma grande base de dados compartilhada para integrar as informações obtidas pelos órgãos governamentais atuando na Amazônia.

Como visto, são vários os esforços para se estabelecer bancos de dados e sistemas de informação sobre biodiversidade, tornando o estabelecimento de mecanismos que promovam um mínimo de coerência e interoperabilidade entre eles uma necessidade premente, de modo a potencializar as diversas possibilidades de utilização dessa informação. Um projeto nessa direção é o “The Species Analyst” (<http://>

habanero.nhm.ukans.edu), que visa desenvolver acordos, padrões e ferramentas de software que facilitem a descoberta, intercâmbio, utilização e análise de dados referentes a registros e observações sobre espécimes de coleções de história natural. Porém, uma das iniciativas mais importantes foi a promovida pelo Grupo de Trabalho em Bioinformática do “Megascience Forum” da “Organization for Economic Cooperation and Development – OECD (<http://www.oecd.org/about>) ao propor, em janeiro de 1999, a criação do Global Biodiversity Information Facility – GBIF (<http://www.gbif.org>), um mecanismo internacional para coordenar e tornar interoperável os diversos bancos de dados sobre biodiversidade existentes no mundo, de forma tornar acessível a todos o maciço volume de dados sobre a biodiversidade mundial, visando produzir benefícios sociais, econômicos e ambientais (Edwards *et al.*, 2000). O propósito dessa iniciativa é o de “desenhar, implementar, coordenar e promover a compilação, conexão, padronização, digitalização e disseminação da informação científica mundial sobre biodiversidade, dentro de um contexto apropriado de direitos de propriedade e devida atribuição”.

Por ser o INPA uma instituição altamente representativa dos estudos sobre a Amazônia, iniciou-se, por meio do aporte financeiro recebido no âmbito do Projeto Piloto para Preservação das Florestas Tropicais Brasileiras – PPG-7, um processo visando a automatização da informação acumulada. A experiência adquirida mostrou a necessidade de se construir um sistema automatizado capaz de integrar, relacionar e disseminar as informações armazenadas nas coleções biológicas e aquelas produzidas nas linhas de pesquisa predominantes do Instituto. A implementação de tal sistema é essencial e imprescindível para que a instituição possa contribuir com iniciativas mais abrangentes como as descritas anteriormente e atender as demandas da sociedade de uma maneira ágil e eficaz.

A CONCEPÇÃO DO SISTEMA E DIFICULDADES DE IMPLANTAÇÃO

Como proposta de uma arquitetura de sistema de informação que trate dados científicos, entendemos que é fundamental que a mesma seja do tipo aberta e que inclua facilidades para integração e análise dos dados armazenados no banco de dados. Concebemos, assim, uma arquitetura composta de três níveis: de componentes, analítico, e de informação. O Nível de Componentes congrega sistemas aplicativos, repositórios de dados, dados de catálogo, módulos de propósito específico, como por exemplo, extratores de dados, ferramentas de visualização e sistema de informação geográfica. O Nível Analítico mantém as principais funções para integração e análise dos dados, permitindo funções para simulação, geoprocessamento e agregação. O Nível de Informação consiste de funcionalidades para a interação usuário-dados no ambiente Web, objetivando o acesso e manutenção dos dados, e a geração de informação para isso.

Os provedores e analistas de dados podem dispor tanto de acesso aos dados e metadados via Web quanto via acesso direto, se este acesso for feito de modo não compartilhado.

O Nível de Componentes abrange os dados-fonte, originados de coletas e experimentos, cuja informação pode exibir diferentes graus de qualidade, sendo geralmente classificados como:

- Dados brutos/dados coletados por sensores: conjunto de dados originais, obtidos diretamente de experimentos, coletas de campo, aeronaves de reconhecimento, imagem de satélites, inventários, entre outros;
- Dados calibrados: resultantes de ajustes realizadas nos dados brutos e nos dados coletados por sensores;
- Dados validados: resultantes de procedimentos de controle de qualidade e segurança, estabelecidos pelos pesquisadores ou oriundos de uma política institucional.

Neste nível, o principal objetivo é o de armazenar os dados que serão necessários para a análise. A idéia é que cada conjunto de dados-fonte e de coletas corresponda a uma base de dados, denominado de repositório de dados componente.

A estrutura de cada repositório é definida por seu esquema componente; um esquema conceitual, que é implementado através do módulo de mapeamento do repositório de dados componentes, ou RDCs. Ainda neste nível, deverão ser associados os respectivos metadados, importantes para as análises e para o processo de integração com os demais níveis. Utilizamos o termo metadado no sentido de informação sobre o que é e como o dado é armazenado. Observa-se que os repositórios no Nível de Componentes armazenarão metadados e informações do tipo: dados temporais, georreferenciais, métodos de coleta, equipamentos de medição, provedores dos dados (quando, que tipo e quem coletou o dado). Esses metadados são denominados de informações de contexto. A organização dos repositórios impõe a necessidade de um catálogo, o qual pode ser navegado e pesquisado antes do dado em si ser solicitado.

Os RDCs podem ser acessados por aplicações de propósitos especiais (APEs), gerando resultados para solicitações específicas dos pesquisadores ou grupos de pesquisa. Uma vez que os RDCs estarão também disponível para acesso via Web, páginas HTML poderão ser geradas automaticamente. A Figura 1 apresenta a estrutura da nossa proposta, enfatizando o Nível de Componentes.

O Nível Analítico permite que os pesquisadores, com o objetivo de investigação, possam utilizar as informações coletadas e armazenadas no Nível de Componentes. A idéia é construir um banco de dados analítico, com esquema próprio, que, utilizando ferramentas de análise, tenha capacidade para gerar dados por si só.

Em várias áreas, especialmente na ciência da computação, projetistas são solicitados a identificar as complexas associações entre entidades/

objetos do mundo real e a representação conceitual para os mesmos. Qualquer modelo é um objeto derivativo, uma representação conceitual de um fenômeno real. O contexto do modelo inclui o nome das entidades/objetos representados, as descrições/atributos que representam suas propriedades, a descrição formal do comportamento do modelo e uma interpretação para as propriedades do mundo real que as entidades/objetos representam. Assim, pesquisadores podem definir modelagem computacional e simulação do meio ambiente para extrair conhecimentos de grande conjunto de dados que cobrem áreas científicas múltiplas, assim como gerar dados derivados. Existem pelo menos três tipos importantes de dados derivados: de simulação, de geoprocessamento e dados agregados.

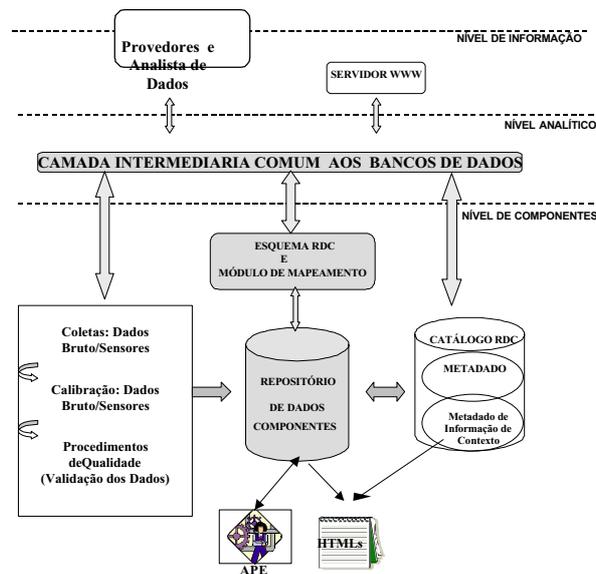


Figura 1. Nível de Componentes

Os usuários desse nível são os analisadores de dados (cientistas). Para extrair conhecimento dos dados, pode ser necessário a correta integração de ferramentas analíticas, como os sistemas de simulação, sistema de informação geográfica e ferramentas para visualização de dados científicos. Chamamos a atenção para um novo conjunto de métodos que pode ser adequado para aplicativos utilizados neste nível, os quais são geralmente conhecidos como mineração de dados e métodos de descoberta de conhecimento. Esses métodos são usados para identificar padrões em grandes bases de dados. Este nível pode também ser usado para registrar e documentar os resultados produzidos por grupos de pesquisa.

O Nível de Informação trata da disseminação dos dados e resultados de pesquisas, armazenados nos dois níveis da arquitetura, objetivando uma ampla audiência. Isso pode ser alcançado pela adequação da estrutura do banco de dados, por ser um esquema de informação que trata de

objetivos específicos. O acesso a esse esquema pode ser feito através de interfaces públicas disponíveis. A tecnologia Web e aplicativos Java podem contribuir com funções de busca, recuperação da informação e visualização de dados científicos.

A arquitetura proposta trás outras vantagens, tais como a incorporação de funcionalidades presentes nos sistemas de informações geográficas no Nível de Componentes. Tal vantagem é de grande utilidade em pesquisas sobre biodiversidade, pois estas possuem uma necessidade distinta no que se refere à representação e manipulação de dados geográficos. Assim, a incorporação do sistema de informação geográfica proporciona um resumo de informações sobre uma determinada região. A arquitetura facilita o acesso a dados tabulares, independente dos repositórios em que tenham sido gerados no Nível de Componentes. Ou seja, mesmo que os referidos repositórios adotem diferentes plataformas e sistemas gerenciadores de banco de dados (por exemplo, relacional e objeto-relacional), o sistema é capaz de integrá-los.

As funcionalidades embutidas no sistema de informação geográfica permitem manusear dados e metadados diretamente de suas funções embutidas, que gerenciam os sistemas integrados. Assim, os dados geométricos podem ser armazenados de forma individual e os seus metadados, em um sistema gerenciador de banco de dados. A idéia é a de se utilizar as funções de importação e exportação para outros sistemas similares, permitindo aos usuários o acesso aos geodados e metadados no ambiente Web. A figura 2 apresenta um esquema da integração das funcionalidades de SIGs com os bancos de dados, via módulo de visualização.

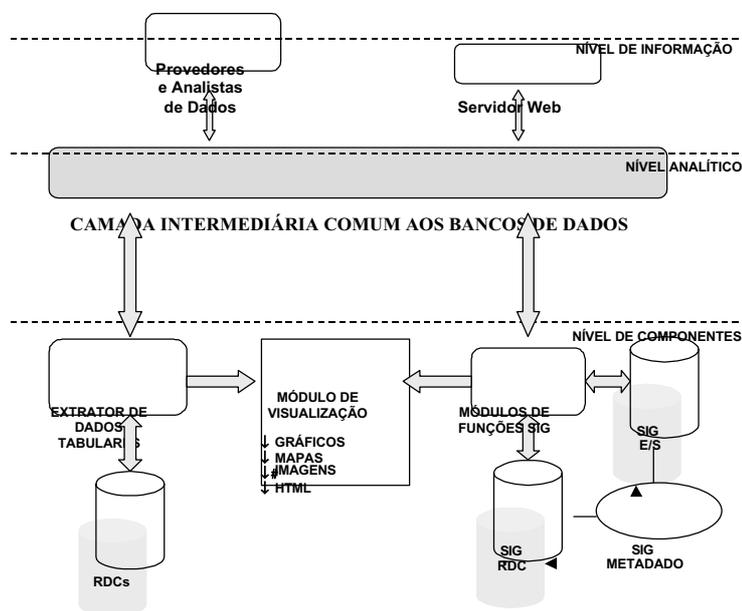


Figura 2. Funcionalidade de SIGs integrado por uma camada intermediária comum.

Apesar do exposto, as dificuldades para o desenvolvimento e implantação desse sistema automatizado de gerenciamento das informações sobre a biodiversidade amazônica estão mais relacionadas a questões gerenciais, culturais, de política institucional e de recursos humanos e financeiros do que com os aspectos tecnológicos, visto que, atualmente, a tecnologia, tanto de hardware quanto de software, está disponível.

Nas questões gerenciais e levando-se em consideração apenas o âmbito intra-institucional, a montagem desse sistema envolve grupos de pesquisas de áreas diversas, com requerimentos e procedimentos distintos, o que demandará considerável esforço de negociação, planejamento, coordenação e execução. Um dos principais objetivos a ser perseguido é a adoção de uma terminologia comum, sem a qual a integração do sistema fica comprometida.

Nas questões culturais, tem-se o desafio de convencer indivíduos e grupos a se integrarem a uma iniciativa dessa natureza, que implica no compartilhamento de dados por vezes tão diligentemente guardados.

Transformar um sistema de gerenciamento de informações de coleções para um sistema de informação institucional integrado, implica na definição clara dos objetivos e prioridades da instituição. Embora o processo de Planejamento Estratégico desenvolvido pelo INPA ao longo de 1993 tenha trazido contribuição significativa nessa direção (Anônimo, 1994), o Instituto ainda não atingiu o nível desejado de integração e definição de prioridades comuns.

Talvez a maior dificuldade para a implantação do sistema concebido venha a ser a obtenção dos recursos necessários, em particular aquele relacionado a recursos humanos. Embora o custo em equipamentos possa ser relativamente baixo, o dispêndio em termos de homens/hora para planejar, desenvolver e, sobretudo, implementar e manter o sistema é considerável. Pessoal com qualificação e experiência em desenvolvimento e implementação de sistemas de informação requerem remuneração de mercado, normalmente não oferecida pelo serviço público. Outro grande custo é o valor do trabalho para a inserção dos dados no sistema, pois, considerando apenas as coleções, são milhares de registros a terem seus dados transferidos do papel, da etiqueta ou da ficha de campo para a forma digital, não sem antes serem verificados e georreferenciados.

LACUNAS E PRIORIDADES NA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

As lacunas e prioridades a serem consideradas na viabilização do sistema de informação em biodiversidade estão basicamente relacionadas a definições de políticas e à carência de recursos humanos. Algumas questões fogem à competência e à capacidade do INPA, ou de qualquer instituição isoladamente, em resolvê-las, e devem ser analisadas em uma conjuntura mais ampla.

Como mencionado anteriormente, prover informações de qualidade sobre as espécies amazônicas requer conhecimento taxonômico. A obtenção dessas informações implica em: (a) definição de prioridades; (b) fortalecimento das coleções existentes; (c) formação e qualificação de recursos humanos especializados; (d) consolidação de grupos de pesquisas na região Norte; e (e) incentivos à cooperação interinstitucional, seja entre instituições nacionais, seja com instituições estrangeiras.

O INPA é a principal instituição atuando em pesquisa taxonômica na Amazônia Ocidental, mas não tem diretrizes claras que orientem a atuação institucional nessa linha de pesquisa, bem como carece de uma política formal em relação à aquisição e crescimento de suas coleções, que definisse claramente os grupos taxonômicos nos quais concentrar os esforços de coleta e ou áreas prioritárias a serem exploradas em profundidade. O estabelecimento de tais diretrizes requer uma ampla discussão, necessariamente orientadas por políticas governamentais bem definidas, pela análise dos requerimentos de usuários potenciais e os interesses e capacidades institucionais.

Os principais responsáveis pelas informações sobre as espécies e, acima de tudo, pela qualidade dessas informações, são os taxônomos e sistematas. Esses especialistas, capazes de identificar, descrever e nomear as espécies, determinar suas relações e fazer previsões sobre suas propriedades, estão diminuindo em número e novos profissionais não estão sendo formados e treinados em quantidade e rapidez ideais para atender as necessidades de conhecimento da nossa biota, principalmente considerando o ritmo do avanço das atividades prejudiciais ao meio ambiente. Esse fenômeno, por vezes chamado de "crise da biodiversidade", não está restrito ao Brasil e vem sendo motivo de preocupação em todo o mundo (Wilson, 1988; Gaston & May, 1992; Feldmann & Manning, 1992; Overal & Mascarenhas, 1993; Systematics Agenda 2000, 1994; Wheeler, 1995; Vecchione & Collete, 1996; entre outros). No INPA, de acordo com levantamento de 1998, apenas 16% dos pesquisadores atuavam em taxonomia (Fonseca & Ferreira, 1998), um número inegavelmente muito aquém do necessário para enfrentar a imensa tarefa de produzir conhecimento sobre a biodiversidade amazônica.

Nesse mesmo contexto, enquadra-se a questão da consolidação da pesquisa taxonômica na região Norte. Embora não haja números específicos, pode-se avaliar essa situação pelo número de grupos de pesquisas atuando na região. Segundo o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil 2000 - versão preliminar (CNPq, 2000), somente 3% dos grupos situam-se na região. Considerando-se que apenas uma parte desses grupos atuam em taxonomia, é possível inferir que os recursos humanos e as condições existentes na Amazônia para atacar esse aspecto da questão relacionada ao estudo da biodiversidade são insuficientes. Devido aos números e à importância da questão na Amazônia, seria fundamental a criação e suporte de núcleos de excelência em estudos taxonômicos nas instituições

da região, financiando esses núcleos na condução de inventários de áreas prioritárias, estudos de revisões e filogenias, manuais de identificação e bancos de dados, bem como na formação, treinamento e fixação de recursos humanos nos diversos níveis.

Poderiam concorrer, para tanto, a consolidação e ampliação de mecanismos já existentes, como, por exemplo, o Programa Norte de Pesquisa e Pós-Graduação, o Programa Nacional de Diversidade Biológica - PRONABIO, o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO, quanto do fortalecimento das instituições de ensino e pesquisa da região Norte. Porém, tais programas terão sucesso se o país planejar adequadamente sua Política Nacional de Biodiversidade (MMA/SBF, 2000), definindo objetivamente suas diretrizes, objetivos, metas e planos de ação conquanto à implementação das exigências da Convenção sobre Diversidade Biológica. Se o País pretende tratar seriamente a questão da conservação e aproveitamento de seus recursos biológicos, deverá considerar o apoio aos estudos taxonômicos, às coleções e a bancos de dados e sistemas de informação como parte da infra-estrutura dos programas voltados para o conhecimento e aproveitamento tecnológico da biodiversidade.

É evidente que não se dispõe, nas instituições da região, de toda a competência taxonômica necessária para enfrentar a imensa tarefa de explorar e conhecer as espécies amazônicas. Nesse cenário, a cooperação interinstitucional, seja no âmbito nacional, seja no internacional, se constitui em recurso imprescindível. Especialistas em determinados táxons são, em geral, poucos e nenhuma instituição ou país os têm para todos os grupos, fazendo com que o intercâmbio de exemplares biológicos, de pesquisadores e de informações seja essencial para o desenvolvimento da Taxonomia e das coleções. Entretanto, premidos pela necessidade de regular o acesso ao seu patrimônio genético, os países estão estabelecendo leis e regulamentos que impingem entraves e obstáculos ao trabalho taxonômico e à colaboração internacional entre as instituições que atuam nessa área. O Brasil precisa tomar o cuidado de instituir uma legislação que, preservando os interesses nacionais, considere mecanismos que salvaguardem as peculiaridades da pesquisa acadêmica sem, contudo, impor restrições e dificuldades desnecessárias ao desenvolvimento científico.

PARCERIAS E INTERCONECTIVIDADE INSTITUCIONAIS

Embora a implementação de um sistema de informação sobre biodiversidade possa ser extremamente útil e frutífera para o desenvolvimento das pesquisas no INPA, restringir sua aplicabilidade ao âmbito institucional teria pouca consistência na análise da relação custo/benefício. Idealmente, essa relação tenderia mais para o benefício se outras instituições fossem envolvidas.

Segundo Brandão *et al.* (1998), apesar de outras instituições da região Norte também possuírem coleções importantes, são o INPA, em Manaus, o Museu Paraense Emílio Goeldi e a EMBRAPA Amazônia Oriental, em Belém, as instituições que detêm grande parte da competência taxonômica sobre as espécies e as que mantêm as maiores coleções da fauna e flora da Amazônia. Seria recomendável que essas instituições fossem estimuladas a formar parcerias para incrementar estudos de inventariamento e aproveitamento dos recursos biológicos, viabilizando a reunião das suas informações em um sistema específico, integrado, alimentado e compartilhado por todas e, ainda, associado às iniciativas governamentais supramencionadas. Idealmente, essas parcerias abrangeriam as universidades e outras instituições, governamentais ou não, envolvidas no estudo da biodiversidade. Obviamente, esse cenário demandaria um esforço considerável de negociação, planejamento e coordenação, sem mencionar a necessidade de recursos. Porém, o efeito sinérgico desse esforço traria benefícios maiores ao País do que a atuação isolada de cada uma. Ademais, várias universidades e museus do Brasil e do exterior possuem acervos significativos da biodiversidade amazônica. Seria fundamental ter essas instituições como parceiras em tal esforço, quiçá estabelecendo-se convênios ou acordos para integração e, em certos casos, de repatriamento de informações.

A integração dos dados institucionais em iniciativas mais abrangentes poderiam passar por parcerias com os já citados BCDAM e SIVAM, além do Programa Brasileiro de Ecologia Molecular para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Amazônia – PROBEM. Há vantagens mútuas nessas parcerias. O escopo e as características do sistema planejado para os bancos de dados de fauna e flora do Projeto SIVAM ficam aquém das potencialidades e necessidades da pesquisa científica sobre biodiversidade e dos benefícios que esta poderia oferecer. No caso do BCDAM, entre os seus órgãos membros, não figuram muitas das instituições detentoras de dados taxonômicos sobre as espécies amazônicas. As atividades do PROBEM, apesar do seu caráter aplicado – pois visa estimular a descoberta de princípios ativos potencialmente utilizáveis na produção de novos produtos –, terão de fundamentar as pesquisas na correta identificação das espécies animais, vegetais e microbianas, além de contar com uma base de informações consistentes sobre as mesmas. A Bioamazonia – Associação Brasileira para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Amazônia, organização social criada para gerir o PROBEM, certamente precisará estabelecer parcerias com as instituições que já possuem essas bases de informações, o que representará uma oportunidade valiosa para melhorar e desenvolver as condições das coleções biológicas na Amazônia. Além disso, como a informação biológica deve estar relacionada à informação geográfica e espacial e à modelagem de bancos de dados envolvendo essas informações, o estabelecimento de uma parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, deten-

tor de conhecimento avançado nesse campo, seria muito frutífera.

Nesse contexto, é importante ressaltar a questão da interconectividade das coleções de história natural, conforme a proposta feita por Lane (1996) e que se aplica muito bem ao tema deste artigo. A formação de parcerias com outras instituições detentoras de coleções biológicas permitiria a integração dos dados das coleções do INPA com os dados de outras coleções. Informação compartilhada é informação boa, o que leva à produção de ciência de boa qualidade, que contribui para a tomada de decisões políticas apropriadas com respeito à conservação e aproveitamento racional dos recursos biológicos.

Parcerias científicas também devem ser estimuladas como um instrumento eficaz de incrementar o conhecimento da biodiversidade e para entendermos o funcionamento dos ecossistemas da região. Dado o número insuficiente de taxônomos envolvidos no estudo da fauna e flora amazônicas, a cooperação com instituições consideradas centros de excelência em pesquisa taxonômica, nacionais e internacionais, por meio de acordos, convênios e expedições científicas, é imprescindível. No caso particular do INPA, as coleções científicas há muito vêm se beneficiando da cooperação internacional, mantida com instituições de elevado conceito, como o Max-Planck-Institut für Limnologie (Alemanha), o Institut de Recherche pour le Développement - IRD (antigo ORSTOM - França), o Smithsonian Institution (EUA), e o Department for International Development - DFID (Inglaterra), para citar algumas.

ELEMENTOS PARA UMA POLÍTICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Num momento em que tantas informações, iniciativas e demandas surgem na área de automação de coleções científicas, é fundamental que haja uma coordenação para o setor. Este esforço de coordenação deve considerar como prioritário, no contexto da Estratégia Nacional de Biodiversidade, em desenvolvimento no âmbito do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2000), a formulação de uma política científica para o inventariamento da biodiversidade, especificamente a amazônica. Essa política envolveria definições de prioridades de estudo, de formação de recursos humanos e de investimentos em infra-estrutura. Mecanismos de fomento devem ser utilizados para sua implementação, incluindo as principais agências do setor, particularmente, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, que organizaria seus programas de concessão de bolsas e auxílios pelas diretrizes dessa política.

É também importante, pelas razões mencionadas anteriormente, que tal política norteie a atuação do Brasil em fóruns internacionais destinados à discussão de questões relacionadas à integração e compartilhamento de informações sobre biodiversidade, como a do Global Biodiversity Information Facility, descrito acima.

Duas outras questões importantes a serem consideradas nessa política são a propriedade intelectual e o acesso à informação. São assuntos complexos e delicados, especialmente, por envolver atores diversos em questões ainda não bem definidas legal e juridicamente.

No âmbito dos institutos amazônicos do Ministério da Ciência e Tecnologia como o INPA, Museu Goeldi e Mamirauá, devem ser definidas diretrizes, objetivos e metas para a execução dessa política. O INPA e o Museu Goeldi são detentores de acervos de dados significativos sobre a Amazônia e esses acervos têm recebido atenção especial do Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas, um programa do Avança Brasil (Plano Plurianual – PPA), no âmbito do MCT. A proposta de incremento da dotação orçamentária das ações relativas a esses acervos mostra a prioridade que o MCT dá ao assunto. Neste contexto, o próximo passo é desenvolver e implantar um sistema de informação sobre a biodiversidade amazônica, numa parceria entre os institutos mencionados e o INPE. Esse sistema estaria à disposição dos tomadores de decisão, permitindo melhor planejamento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação e de ações de desenvolvimento sustentável baseadas na utilização da biodiversidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil deve considerar a questão da biodiversidade amazônica como prioritária, face a sua importância em tamanho, influência em processos regionais e globais, e potencial de geração de riquezas. Para conhecê-la e compreendê-la, conservá-la e utilizá-la, será essencial dispor de informação de qualidade que, nesse contexto, pode ser considerada um importante recurso produtivo. O sistema de informação proposto para gerenciar, analisar e disseminar as informações sobre a biodiversidade será um valioso instrumento para apoiar a pesquisa científica sobre a região amazônica, incrementar o conhecimento sobre os aspectos da sua biodiversidade relevantes para os seres humanos e alimentar modelos científicos elaborados para entender e prever os impactos das ações antropogênicas sobre os ecossistemas amazônicos. Como benefício social e econômico, o sistema contribuirá para o desenvolvimento sustentável da região ao subsidiar a formulação de leis e tomada de decisões sobre conservação, manejo e exploração da riqueza biológica.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos Drs. Cláudio Ruy Vasconcelos da Fonseca, Vanderlei Perez Canhos e Luiz Carlos Joels pelas discussões e sugestões com que contribuíram ao texto deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anônimo 1994. Relatório Final do Planejamento Estratégico. Manaus, INPA. 53 pp.
- Bisby, F.A. 2000. The quiet revolution: Biodiversity Informatics and the Internet. *Science*, 289 (5488): 2309-2312.
- Blackmore, S. 1996. Knowing the Earth's biodiversity: challenges for the infrastructure of Systematic Biology. *Science*, 274: 63-64.
- Brandão, C.R.F.; Magalhães, C.; Mielke, O. & Kury, A. 1998. Coleções Zoológica do Brasil. <http://www.bdt.org.br/oea/sib/zoocol> [capturado] 23/agosto/2000.
- Campos dos Santos, J.L.; de By, R.A. & Magalhães, C. 2000. A case study of INPA's bio-DB and an approach to provide an open analytical database environment. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33 (B4): 155-163.
- Canhos, D.A.L. & Canhos, V.P. 2001. Disseminação de Informação: o uso da Internet. In: Garay, I. & Dias, B. (Orgs.), *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais. Avanços Conceituais e Revisão de Novas Metodologias da Avaliação e Monitoramento*. Petrópolis, Editora Vozes. p. 76-87.
- Canhos, V.P. & Canhos, D.A.L. 1997. The BIN21 Experience: International Cooperation and Local Efforts. Presented at the 3rd Meeting of the SBSTTA, Montreal, Canada - September 1-5, 1997. <http://www.bdt.org.br/bin21/montreal.html> [capturado] 20/setembro/2000.
- CNPq 2000. Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil, versão 4 - Resultados Preliminares. <http://www.cnpq.br/gpesq3/dgp4> [Capturado] 31/agosto/2000.
- Edwards, J.L.; Lane, M.A. & Nielsen, E.S. 2000. Interoperability of biodiversity databases: biodiversity information on every desktop. *Science*, 289 (5488): 2312-2314.
- Erwin, T.L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *The Coleopterists Bulletin*, 36(1): 74-75.
- Erwin, T.L. 1988. The tropical forest canopy: the heart of biotic diversity. In: Wilson, E.O. & Peters, F.M. (eds.), *Biodiversity*. Washington, D.C., National Academy Press. p. 123-129.
- Farr, D.F. & Rossman, A.Y. 1997. Integration of data for biodiversity initiatives. In: Reaka-Kudla, M.L.; Wilson, D.E. & Wilson, E.O. (eds.), *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Washington, D.C., Joseph Henry Press. p. 475-490.
- Feldmann, R.M. & Manning, R.B. 1992. Crisis in systematic biology in the "age of biodiversity". *Journal of Paleontology*, 66(1): 157-158.
- Fonseca, O.J.M. & Ferreira, E.J.G. 1998. Guia de referência dos pesquisadores do INPA. INPA, Série Documentos, n° 2: 37 p.
- Frondorf, A. & Waggoner, G. 1996. Systematics information as a central component in the national biological information infrastructure. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 83: 546-550.
- Garay, I. & Dias, B. (Orgs.) 2001. *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais. Avanços Conceituais e Revisão de Novas Metodologias da Avaliação e Monitoramento*. Petrópolis, Editora Vozes. 430 p.
- Gauld, I.; Allkin, B. & Zappi, D. 1998. Advice and training on information development from collections. Department for International Development - Relatório de Consultoria. Londres, The Natural History Museum. 46 p. [Impresso]
- Gaston, K.J. & May, R.M. 1992. Taxonomy of taxonomists. *Nature*, 356: 281-282.
- Lamas, G. 1996. Megadiversidad biológica em la Amazonia: cómo inventariarla rápidamente? In: Pavan, C. (Org.), *Uma Estratégia Latino-Americana para a Amazônia*.

Vol. 1. Brasília, MMA; São Paulo, Editora da UNESP; São Paulo, Fundação Memorial da América Latina. p. 70-76.

Lane, M.A. 1996. Roles of natural history collections. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 83: 536-545.

Lewinsohn, T.M.; Prado, P.I.K.L. & Almeida, A.M. 2001. Inventários bióticos centrados em recursos: insetos fitófagos e plantas hospedeiras. *In: Garay, I. & Dias, B. (Orgs.), Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais. Avanços Conceituais e Revisão de Novas Metodologias da Avaliação e Monitoramento*. Petrópolis, Editora Vozes. p. 174-189.

MMA 2000. Estratégia Nacional de Biodiversidade. <http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/estrategia/strateg.html> [Capturado] 28/agosto/2000.

MMA/SBF 2000. Política Nacional de Biodiversidade: roteiro de consulta para elaboração de uma proposta. Brasília, MMA/SBF. 48 p. [Biodiversidade 1]

Nelson, B.W. Inventário florístico na Amazônia e a escolha racional de áreas prioritárias para a conservação. *In: Val, A.L.; Figliuolo, R. & Feldberg, E. (eds.), Bases Científicas para estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e perspectivas*. Vol. 1. Manaus, INPA. p. 197-206.

Olivieri, S.T.; Harrison, J. & Busby, J.R. 1995. Data and information management and communication. *In: Heywood, V.H. et al. (eds.), Global Biodiversity Assessment*. Cambridge, Cambridge University Press. p. 607-670.

Overal, W.L. & Mascarenhas, B.M. 1993. Recomendações para o inventário faunístico da Amazônia. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, série Zoologia*, 9(2): 329-339.

Sonderogger, J.; Petry, P.; Campos dos Santos, J.L. & Alves, N.F. 1998. An entomological collections database model for INPA. *In: Ling, T.W.; Ram, S. & Lee, M.L. (eds.), Proceedings of the 17th International Conference on Conceptual Modeling - ER '98*. Singapore. p. 421-434.

Stork, N.E. & Samways, M.J. 1995. Inventorying and Monitoring. *In: Heywood, V.H. et al. (eds.), Global Biodiversity Assessment*. Cambridge, Cambridge University Press. p. 451-543.

Systematic Agenda 2000. 1994. Systematic Agenda 2000: Charting the Biosphere. Technical Report. New York, American Museum of Natural History. 34 p.

Umminger, B.L. & Young, S. 1997. Information management for biodiversity: a proposed U.S. National Biodiversity Information Center. *In: Reaka-Kudla, M.L.; Wilson, D.E. & Wilson, E.O. (eds.), Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Washington, D.C., Joseph Henry Press. p. 491-504.

Vecchione, M. & Collette, B.B. 1996. Fisheries agencies and marine biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 83: 29-36.

Wheeler, Q.D. 1995. Systematics, the scientific basis for inventories of biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 4: 476-489.

Wheeler, Q.D. & Cracraft, J. 1997. Taxonomic preparedness: are we ready to meet the Biodiversity Challenge? *In: Reaka-Kudla, M.L.; Wilson, D.E. & Wilson, E.O. (eds.), Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Washington, D.C., Joseph Henry Press. p. 435-446.

Wilson, E.O. & Peters, F.M. (eds.) 1988. *Biodiversity*. Washington, D.C., National Academy Press. 521 p.

Resumo

Apresentamos a concepção de um sistema de informações proposto para organizar, integrar e gerenciar os dados sobre biodiversidade presentes em coleções biológicas, tomando como base as coleções científicas e as diversas coordenações de pesquisas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, e fazemos considerações sobre os desafios, lacunas, prioridades e parcerias envolvidas na realização de uma iniciativa dessa natureza. Discutimos também os benefícios da utilização adequada das coleções biológicas na conjuntura atual e fazemos considerações acerca do papel do Ministério da Ciência e Tecnologia nesse contexto.

Abstract

We describe the concept of an information system planned to organize, integrate and manage biodiversity data of biological collections, based on the scientific collections and research departments of the Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonas. We also comments on the challenges, gaps, priorities and partnerships involved in such an enterprise, as well as the potential benefits of a better utilization of the biological collections. The Ministério da Ciência e Tecnologia needs to have an active role in this process.

Os Autores

CÉLIO MAGALHÃES. É Doutor em Zoologia pela Universidade de São Paulo, especialista na taxonomia de crustáceos decápodos de água doce, pesquisador titular do INPA, na Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática, e bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. É curador da Coleção de Invertebrados do INPA desde fevereiro de 1992 e foi gerente do Programa de Coleções e Acervos Científicos do INPA entre novembro de 1994 e maio de 2000.

JOSÉ LAURINDO CAMPOS DOS SANTOS. É Mestre em Sistemas e Computação pela Universidade Federal da Paraíba, com especialidade em bancos de dados, e analista senior em ciência e tecnologia do INPA.

JÚLIA IGNEZ SALEM. É Doutora em Microbiologia Médica pelo Instituto de Microbiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, especialista em Micobactérias. É curadora da Coleção de Bactérias de interesse médico do INPA desde 1997, pesquisadora titular do INPA, na Coordenação de Pesquisas em Ciências da Saúde, e membro da Academia de Medicina do Estado do Amazonas.